



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1427

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Evaluación y valoración económica de los servicios ecosistémicos en sistemas forestales productores de PFNM

QUIROGA, R. (1),

(1) Área de Recursos Naturales y Biodiversidad. Fundación Centro de Servicios y Promoción Forestal y de su Industria de Castilla y León.

Resumen

Los productos forestales no madereros (PFNM) agrupan una serie heterogénea de bienes y servicios con un gran potencial económico y ambiental, aún sin explotar del todo. Su valor radica en su vinculación con el medio rural y su capacidad para generar empleo verde.

El creciente interés por lo natural y la bioeconomía han impulsado la demanda de PFNM y sus servicios asociados. Administrados adecuadamente, los ecosistemas proporcionan un flujo de servicios que son vitales para la sociedad, incluyendo la producción de bienes, procesos de soporte vital como purificación del agua, la salud o, la polinización entre otros.

El proyecto IMFOREST busca impulsar herramientas de gestión sostenible de los PFNM con el que fomenten la bioeconomía forestal y contribuyan a la generación de empleo verde, contribuyendo a la revitalización de las zonas rurales.

El objetivo final es desarrollar un manual que sirva como guía para la valoración del potencial y valor económico de los servicios ecosistémicos asociados a la producción de castaña, resina y micológica en diferentes regiones de Castilla y León, sirviéndose del software InVEST®.

Palabras clave

PFNM, servicios ecosistémicos, Valoración económica, gestión sostenible.

1. Introducción

La biodiversidad y los ecosistemas proporcionan una amplia gama de beneficios esenciales para el bienestar humano, denominados servicios ecosistémicos (SE). Estos servicios incluyen la provisión de recursos como alimentos, agua y materiales; la regulación de procesos climáticos y ciclos del agua; y el soporte para funciones ecológicas como la polinización, la formación del suelo y la conservación de la diversidad genética (Costanza et al., 1997). Además, ofrecen servicios culturales que incluyen valores recreativos, espirituales y estéticos (MEA, 2005). A medida que las presiones humanas sobre el medio ambiente aumentan, comprender, evaluar y gestionar estos servicios se ha vuelto crítico para la sostenibilidad de los ecosistemas y el bienestar de las sociedades.

La evaluación de servicios ecosistémicos es un enfoque que permite cuantificar y valorar los beneficios proporcionados por los ecosistemas. Esto facilita la toma de decisiones en políticas ambientales, el desarrollo urbano, la planificación del uso de la tierra y la gestión de recursos naturales (Daily et al., 2000). Iniciativas globales como la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA, por sus siglas en inglés) y la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos (IPBES) han subrayado la importancia de integrar el concepto de SE en la gestión ambiental y la formulación de políticas (Díaz et al., 2015).



La evaluación efectiva de los servicios ecosistémicos requiere la integración de diversas disciplinas como la ecología, la economía, la geografía y las ciencias sociales. Cada uno de estos campos aporta enfoques y herramientas únicas para medir y valorar los SE desde diferentes perspectivas, ya sea mediante la cuantificación biofísica de procesos ecológicos o la evaluación económica de los beneficios percibidos por la sociedad (de Groot et al., 2010). Esta multidimensionalidad presenta tanto oportunidades como desafíos en la evaluación precisa y comprensible de los SE.

Un reto clave es la falta de datos completos y confiables sobre la dinámica ecológica y la dificultad para asignar valores monetarios a servicios intangibles como la belleza paisajística o el valor espiritual de un ecosistema (Sukhdev et al., 2010). Además, los diferentes marcos de evaluación pueden generar resultados dispares dependiendo de los objetivos del estudio y las escalas temporales y espaciales consideradas. Esto subraya la necesidad de enfoques metodológicos integrados que capten la complejidad y la multidimensionalidad de los servicios ecosistémicos.

La importancia de los servicios ecosistémicos también se refleja en su papel central en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas. Varios objetivos, como la acción climática (ODS 13), la vida submarina (ODS 14) y la vida de ecosistemas terrestres (ODS 15), dependen en gran medida de la conservación y uso sostenible de los SE. Por consiguiente, la evaluación rigurosa y sistemática de estos servicios es fundamental para monitorear el progreso hacia estos objetivos globales (UN, 2015).

Existen diversas metodologías para evaluar los servicios ecosistémicos, incluyendo técnicas biofísicas, análisis espaciales mediante sistemas de información geográfica (SIG) y enfoques participativos que involucran a las comunidades locales en la identificación y valoración de los SE (Burkhard et al., 2012). Los avances en tecnologías de monitoreo remoto y modelado ecológico han ampliado las posibilidades para recopilar datos a gran escala, mejorando así la capacidad de evaluar los SE de manera más precisa y detallada.

Entre las herramientas destacadas para el análisis cartográfico de servicios ecosistémicos se encuentra el software InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs). Desarrollado por el Natural Capital Project, InVEST permite modelar y mapear diversos SE como la retención de carbono, la calidad del agua, la polinización y la protección costera, entre otros (Sharp et al., 2018). Este software ofrece modelos flexibles y personalizables que integran datos biofísicos y socioeconómicos, facilitando la identificación de áreas clave para la conservación y el manejo sostenible.

Los modelos de InVEST pueden ejecutarse a distintas escalas espaciales, desde parcelas locales hasta regiones enteras, permitiendo así un análisis detallado de las interacciones entre los servicios ecosistémicos y las actividades humanas. Al generar mapas y gráficos visualmente intuitivos, InVEST ayuda a los tomadores de decisiones a comprender cómo los cambios en el uso del suelo afectan la provisión de SE, contribuyendo así a la formulación de estrategias de gestión basadas en la evidencia (Tallis et al., 2011).

Este artículo explora el marco conceptual y metodológico para la evaluación de servicios ecosistémicos, centrándose en la evaluación y cuantificación económica de los servicios ecosistémicos asociados a tres tipos de ecosistemas clave en España:



los pinares de la región de Segovia, los montes destinados a la producción micológica en Zamora y los castaños de la región de El Bierzo. Estos sistemas representan ejemplos singulares de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, combinando funciones productivas y servicios ambientales de gran valor.

A través de la aplicación del software InVEST y técnicas complementarias, se busca analizar cómo las actividades económicas tradicionales, como la explotación forestal y la producción de setas o castañas, influyen en la provisión de SE. Los resultados permitirán identificar oportunidades para maximizar los beneficios económicos y ambientales, fomentando una gestión integral que respalde la sostenibilidad de estos paisajes icónicos y sus comunidades locales.

2. Objetivos

El presente estudio tiene como objetivo general evaluar y cuantificar económicamente los servicios ecosistémicos asociados a tres sistemas de producción de productos forestales no maderables (PFNM) en Castilla y León: los castaños de El Bierzo (León), los pinares mediterráneos de pinos mesogeanos endémicos en Coca (Segovia) destinados a la producción de resina, y los hábitats del parque micológico de montes del Oeste Zamorano. Para lograrlo, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar y mapear espacialmente los principales servicios ecosistémicos proporcionados por cada sistema productivo mediante el uso del software InVEST del proyecto Natural Capital.
2. Cuantificar económicamente los servicios ecosistémicos seleccionados, incluyendo la calidad del hábitat, almacenamiento de carbono, producción de agua, control de nutrientes, entrega de sedimentos, polinización, recreo y turismo.
3. Evaluar la contribución de los servicios ecosistémicos al precio final de los productos obtenidos en cada sistema de PFNM.
4. Elaborar un manual metodológico que defina los servicios ambientales evaluados, su cuantificación económica y los costos asociados.
5. Analizar la rentabilidad de cada sistema productivo desde una perspectiva de sostenibilidad y su contribución al desarrollo socioeconómico del territorio.

3. Metodología

Zona de estudio

Para los análisis espaciales de cada uno de los modelos de los principales servicios ecosistémicos, se han definido 3 zonas de estudio: castaños de la comarca del Bierzo, pinares endémicos del municipio de Coca destinados a la producción de resina, y los hábitats del parque micológico de Montes del Oeste Zamorano.

El Bierzo

La comarca del Bierzo se sitúa en el extremo occidental de la provincia de León, en los límites de León con las provincias de Ourense y Lugo (Galicia). Se caracteriza por tener un clima más suave respecto del resto de la provincia de León, determinada por la influencia atlántica. Las temperaturas medias anuales rondan los 13 °C, con máximas comprendidas entre los 35-40 °C y mínimas de hasta -4 °C. Las borrascas de origen atlántico dejan en la comarca una pluviometría



anual de 600 mm anuales en las áreas bajas de la olla geográfica, y de 1.000-1.200 mm en las zonas altas, con unos 120 días de precipitación al año (Zona et al., n.d.). La altitud media de la comarca se sitúa a unos 600 msnm. Estas condiciones climáticas proporcionan a la comarca del Bierzo unas características apropiadas para diversos cultivos, destacando la producción hortofrutícola, el viñedo, los olivares y el castaño.

Según los datos extraídos del Mapa Forestal De España (MFE,2024), la comarca del Bierzo cuenta con una superficie forestal arbolada de unas 168.000 ha, de las cuales 17.600 ha tiene *Castanea sativa* como especie principal. Dicho de otro modo, el castaño representa en torno al 8% de la superficie forestal arbolada de la comarca.

Municipio de Coca

El término municipal de Coca se ubica en el interior de la comarca segoviana de Tierra de Pinares. Esta se caracteriza por ser una comarca con suelos predominantemente arenosos, de origen fluvio-eólico, con una profundidad de este estrato arenoso de unos 10 m de profundidad. (De, n.d.). El relieve es predominantemente llano, con ciertas ondulaciones. En cuanto a la caracterización climática, se corresponde con un clima típico de las regiones mediterráneas, con veranos cálidos e inviernos fríos. Las precipitaciones moderadas, de entorno a lo 400 mm anuales, temperaturas máximas cercanas a los 40 °C y mínimas de entre -4 °C y -6°C, y temperaturas medias de 15 °C.

Estas condiciones edafo-climáticas, hacen un ecotopo ideal para la especie *Pinus pinaster*, predominante de la región. El hecho de que la comarca se denomine “Tierra de Pinares”, manifiesta la importancia que han tenido estos ecosistemas en el desarrollo económico de la región.

Montes del Oeste Zamorano.

Los hábitats del parque micológico de los Montes del Oeste Zamorano abarcan una extensa área forestal en el oeste de la provincia de Zamora. Esta región se caracteriza por un relieve suavemente ondulado, con altitudes que oscilan 700 y 1.200 msnm, y por un clima mediterráneo continentalizado, con inviernos fríos, veranos cálidos y una distribución irregular de las precipitaciones, concentradas principalmente en otoño e invierno. Abundan los suelos ácidos de textura arenosa y origen silíceo.

La vegetación se compone principalmente de formaciones de *Pinus pinaster* y masas mixtas de *Quercus ilex*, *Quercus pirenaica* y matorral típico del clima mediterráneo.

Diseño experimental

En cada una de las áreas seleccionadas anteriormente se realizará el análisis de 9 servicios ecosistémicos para determinar y cuantificar económicamente la contribución que tienen dichos servicios en el precio final de cada uno de los productos asociados a los principales sistemas forestales presentes en los territorios seleccionados.

A continuación, se describe la metodología que siguen los modelos proporcionados por InVEST para los análisis cartográficos de cada uno de los servicios identificados:

Calidad de Hábitat



Se entiende por calidad del hábitat a la capacidad de un entorno natural para proporcionar las condiciones necesarias para que las especies que allí habitan puedan sobrevivir, reproducirse y prosperar. Esto incluye factores como la disponibilidad de alimento, refugio, agua, y la presencia de condiciones ambientales favorables, como temperatura, humedad y ausencia de contaminación o perturbaciones humanas. De manera general, la calidad de hábitat se ve reducida a medida que aumenta el uso del suelo en las áreas circundantes. Por otro lado, está intrínsecamente relacionada con su capacidad para mantenerse en el tiempo frente a presiones externas, como la fragmentación del paisaje, la expansión agrícola, la contaminación y el cambio climático.

El modelo proporcionado por el software InVEST contrasta información sobre la cobertura y uso del suelo con las amenazas presentes en el área de estudio para producir mapas que determinen el valor de calidad de hábitat. Para alimentar el modelo, se debe introducir información sobre la ocupación y uso del suelo, en el área de estudio, relacionando cada uno con el nivel de amenaza que representa para la biodiversidad.

La información de ocupación y uso del suelo se introduce como una capa ráster, donde a cada una de las teselas que conforman la capa se le asigna una clase. Por otro lado, las amenazas son definidas en una tabla, donde cada uno de los elementos que degradan un hábitat, se asocia con sus parámetros de afección: valor de impacto, distancia máxima de afección, el tipo de decaimiento en el espacio, además de las rutas a las capas de distribución espacial de las amenazas.

Producción anual de agua

La generación hidroeléctrica aporta cerca del 20% de la electricidad producida a nivel global, con la mayor proporción proveniente de infraestructuras como embalses, represas o reservorios. Para evaluar la cantidad y el valor promedio anual de la energía generada por estos sistemas, el software InVEST ofrece herramientas útiles. Además, permite identificar la contribución de diferentes áreas del paisaje al rendimiento del agua empleada para generar electricidad.

Este modelo se organiza en tres componentes clave: estimación del rendimiento del agua, evaluación del consumo hídrico y valoración económica de la producción energética. Es importante tener en cuenta ciertas limitaciones del enfoque: los modelos biofísicos no contemplan las interacciones entre aguas subterráneas y superficiales ni las variaciones temporales del suministro hídrico. Además, la valoración económica supone un precio constante de la energía a lo largo del tiempo.

El modelo estima las aportaciones relativas de agua de cada uno de las cubiertas que conforman el paisaje, y cómo las variaciones de los diferentes patrones de uso del suelo afectan al rendimiento anual de agua superficial y la producción hidroeléctrica. Para ello, el modelo trabaja con una serie de capas cartográficas en formato ráster, y diferencia 3 fases o componentes clave: en primer lugar, se calcula la cantidad de agua de escorrentía que discurre por cada pixel procedente de las precipitaciones, sumando y promediando las aportaciones a nivel de subcuenca. En segundo lugar, calcula el agua disponible para la producción de energía, restando el agua consumida para otros usos. Finalmente, se estima la cantidad de energía producida por el agua que llega al embalse hidroeléctrico, y el valor de esta energía durante la vida útil del embalse.

Alimentar el modelo requiere de la obtención de datos y mapas en formato



ráster de la precipitación media anual, la evapotranspiración potencial, el contenido de agua de los diferentes cultivos y vegetación, mapas de uso del suelo, la delimitación de cuencas y subcuencas hidrográficas, además de una serie de tablas complementaria donde se aporten datos de distintos parámetros biofísicos y demandas de agua de las diferentes clases de suelo.

Rendimiento hídrico estacional

En el contexto actual de cambio climático y desertificación, es cada vez más necesario conocer cómo la gestión del territorio, y del paisaje que lo compone, impacta sobre la cantidad de agua disponible para dar sustento a actividades tan importantes como la ganadería, la agricultura, el uso doméstico e incluso la generación de energía. El modelo anterior evalúa el aporte de agua total en una cuenca, en climas con un marcado carácter estacional es de vital importancia conocer los caudales en las diferentes épocas del año, y especialmente en aquellos períodos secos. En los procesos hidrológicos, encontramos dos factores constituyentes fundamentales: el flujo rápido, asociado a las precipitaciones inmediatas, y el flujo base, que se mantiene durante los períodos secos.

El modelo de rendimiento hídrico estacional ofrecido por InVEST, precisamente ofrece una estimación sobre la contribución de cada una de las teselas que componen el paisaje a estos dos tipos de flujo, basándose en 4 factores: flujo rápido, recarga local, atribución de la recarga y flujo base.

El cálculo de flujo rápido se basa en el parámetro de Número de Curva (NC). Las propiedades del terreno, en cuanto a vegetación, tipo de suelo, profundidad, etc., generan diferentes comportamientos del agua ante un evento de lluvia, infiltrándose más o menos en el terreno, y, por tanto, quedando más o menos cantidad de agua disponible en la superficie para la escorrentía.

El agua retenida en la vegetación o en el suelo, y que no llega a formar parte del agua de escorrentía, puede llegar a infiltrarse en el suelo. A esta agua se denomina agua de recarga local, y constituye la contribución potencial al flujo base. Si el suelo no recibe suficiente agua para satisfacer las necesidades hídricas de la vegetación, entonces el valor de la recarga local será negativo.

El flujo base total, se define como la media de las recargas locales en cada tesela del paisaje. El valor de atribución de la recarga es la contribución relativa de la recarga local en una tesela al flujo base

Por último. El índice de flujo base representa la contribución de una tesela al flujo base. Dicho de otro modo, es la contribución de agua de una tesela a un cauce durante el período seco.

Los cálculos anteriores se realizan a partir de mapas en formato ráster, como son: las precipitaciones mensuales, mapas de evapotranspiración potencial, modelo digital de elevaciones, mapas de uso y ocupación del suelo, clasificación de los suelos en grupos hidrológicos, así como de una serie de tablas con información sobre las características biofísicas para cada clase de suelo, el número de días en los que se produce un evento de precipitación y diversos parámetros que regulan el modelo.

Tasa de suministro de nutrientes

El modelo de suministro de nutrientes de InVEST permite identificar y representar las áreas dentro de una cuenca hidrográfica que generan nutrientes y rastrear su desplazamiento hacia cuerpos de agua. Esta información geoespacial



resulta valiosa para analizar la capacidad de la vegetación natural para retener nutrientes, un servicio clave en la mejora de la calidad del agua superficial.

La función de retención de nutrientes adquiere gran relevancia para enfrentar problemas relacionados con la contaminación del agua y puede traducirse en beneficios económicos y sociales. Entre estos destacan la reducción de costos asociados al tratamiento del agua y el aumento en la disponibilidad de agua potable, lo que contribuye a mejorar la seguridad hídrica.

Este modelo emplea un enfoque básico basado en el equilibrio de masas para representar cómo los nutrientes se desplazan a través del espacio. Las fuentes de nutrientes o cargas se identifican mediante un mapa de uso y cobertura del suelo junto con las tasas de carga correspondientes. Posteriormente, estas cargas se separan en componentes asociados a sedimentos y nutrientes disueltos. Los primeros son transportados por el flujo superficial, mientras que los disueltos se mueven a través del flujo subsuperficial, deteniéndose al ingresar a corrientes de agua. A continuación, se calculan los factores de entrega para cada píxel que constituye el mapa de usos, basándose en sus propiedades y en la ruta de flujo seguida a favor de la pendiente. La tasa de exportación de nutrientes se calcula como la suma total de las contribuciones en la salida de la cuenca hidrográfica.

Tasa de suministro de sedimentos

De manera análoga al modelo de Tasa de suministro de nutrientes, el objetivo del modelo de Tasa de suministro de sedimentos es producir cartografía específica que permita cuantificar la generación de sedimentos y su suministro a los flujos de agua. El aumento o la disminución en la carga de sedimentos de los cauces y las masas de agua tienen un impacto sobre las actividades de consumo, como riego, tratamiento de aguas, consumo humano, etc., a la vez que la pérdida o ganancia de suelo influyen la producción agrícola. Entender dónde y cómo se producen estos cambios permiten diseñar mejores estrategias que prevengan la pérdida de suelo mediante la gestión del uso del suelo.

El modelo de tasa de suministro de sedimentos es un modelo espacial detallado que opera con la misma resolución del modelo digital de elevaciones utilizado como entrada. En cada uno de los píxeles que conforman el área de estudio se estima la pérdida anual de suelo, y, posteriormente se calcula la tasa de suministro de sedimentos, que representa la fracción de suelo erosionado que alcanza el cauce de los ríos y masas de agua.

Cabe destacar que el modelo asume que el sedimento que entra en el cauce será transportado directamente hasta la salida de la cuenca, sin considerar los procesos fluviales que podrían alterar las cargas de sedimento a lo largo de su recorrido.

El modelo requiere para su correcta ejecución una serie de inputs en formato ráster sobre los valores de: erosividad, erosionabilidad, cobertura y/o uso del suelo, drenajes, además de la delimitación de las cuencas hidrográficas y una serie de tablas y parámetros biofísicos asociados a cada una de las clases de uso del suelo.

Ocio y Turismo

El ocio y el turismo son componentes importantes tanto en la economía nacional española como en la economía local. Especialmente el turismo rural y el ocio asociado actividades al aire libre, contribuyen de innumerables maneras a la calidad de vida, la conexión social, el bienestar físico, el aprendizaje y otros aspectos intangibles. Para cuantificar el valor de los entornos naturales, el modelo



de recreación InVEST predice la propagación de los días/persona de recreación, basándose en las ubicaciones de los hábitats naturales y otras características que son un factor en las decisiones de las personas a la hora de decidir qué lugares visitar. La herramienta estima la contribución de cada atributo a la tasa de visitas en una simple regresión lineal. A falta de datos empíricos sobre las visitas, se parametriza el modelo utilizando un sustituto de las visitas: las fotografías geotiquetadas publicadas en el sitio web flickr. A partir de las estimaciones de los días de uso obtenidas de las fotografías, el modelo predice cómo los futuros cambios en las características naturales alterarán los índices de visitas. La herramienta produce mapas que muestran los patrones actuales de uso recreativo y mapas de los patrones futuros de uso bajo escenarios alternativos.

Esta herramienta produce un modelo de regresión lineal capaz de estimar la contribución de cada uno de los atributos (ej. Cercanía a un punto de interés natural o paisajístico, a servicios de hostelería y restauración, vías de comunicación, etc.) a la tasa de visitas.

Para ejecutar el modelo es necesario fijar el período temporal que requiere analizar. Por ejemplo, la tasa de visitas durante el período comprendido entre 2018 y 2022 a los hábitats del parque micológico de los Montes de Zamora. Es imprescindible, por tanto, delimitar el área de estudio y aportar información cartográfica sobre los elementos utilizados como predictores (puntos de interés, vías de comunicación, servicios turísticos, etc.).

Almacenamiento de carbono

Los ecosistemas terrestres desempeñan un papel fundamental en la mitigación del cambio climático al actuar como sumideros de carbono. A través de procesos naturales, como la fotosíntesis, los bosques, pastizales y humedales capturan CO₂ de la atmósfera y lo almacenan en la biomasa vegetal y en el suelo. Este servicio ecosistémico se conoce como secuestro o almacenamiento de carbono, y contribuye a reducir la concentración de gases de efecto invernadero ayudando a estabilizar el clima global.

El modelo proporcionado por InVEST estima la cantidad de carbono almacenado a lo largo del tiempo a partir de mapas de uso y ocupación del suelo junto con las existencias de reservas de carbono almacenadas en la biomasa aérea de la vegetación, la biomasa subterránea, representada por las raíces, el suelo y la materia orgánica muerta. A partir de estos mapas de uso y del carbono almacenado en cada una de las teselas que los conforman, el modelo mapea las densidades de almacenamiento de carbono.

Polinización

El servicio ecosistémico de la polinización es esencial para la reproducción de muchas plantas silvestres y cultivos agrícolas que sustentan la seguridad alimentaria mundial. Los polinizadores, como abejas, mariposas, aves y otros insectos, facilitan la transferencia de polen, lo que resulta en la formación de frutos y semillas. Este proceso natural no solo es imprescindible para la productividad agrícola, sino que también mantiene la diversidad genética de las plantas, contribuyendo al equilibrio ecológico. La protección y promoción de hábitats favorables para los polinizadores son fundamentales para asegurar la continuidad de este servicio vital, cuya disminución podría comprometer la estabilidad de los ecosistemas y la sostenibilidad de la producción alimentaria.

El modelo de polinización ofrecido por InVEST se enfoca en las abejas silvestres



como principales agentes polinizadores. Evalúa la oferta de polinizadores analizando la disponibilidad lugares óptimos de anidación y la cantidad y calidad de los recursos florales disponibles dentro del rango de vuelo de las abejas, generando un índice que refleja su abundancia en cada punto del paisaje. A partir de este índice, se estima la cantidad de abejas visitantes para cada área al considerar el pecoreo, la distribución de flores y el rango de vuelo.

El modelo también es capaz de calcular un índice aproximado de la contribución de estas abejas a la producción agrícola, combinando información sobre la dependencia de los cultivos a la polinización y la abundancia de polinizadores. Esto permite evaluar cómo los cambios en el uso del suelo y las prácticas agrícolas podrían afectar la polinización y el rendimiento de las cosechas.

Los datos requeridos incluyen mapas de uso del suelo, características de la vegetación, información sobre especies polinizadoras presentes y sus patrones de vuelo, además de detalles sobre cultivos y fincas.

4. Resultados

A fecha de redacción de este artículo, no se han obtenido resultados definitivos de los análisis cartográficos derivados de la modelización espacial para cada uno de los servicios ecosistémicos analizados anteriormente. La razón principal de esta demora en la ejecución de los trabajos se debe a la alta complejidad de los procesos involucrados, los cuales requieren un tiempo considerable tanto para la recopilación de la información necesaria como para la ejecución de cada uno de los modelos.

El análisis cartográfico de los servicios ecosistémicos depende de una extensa variedad de datos espaciales, como son mapas de uso y ocupación del suelo, información climática, características geográficas, parámetros hidrológicos y biofísicos y datos sobre biodiversidad, entre otros. Recopilar y procesar estos datos requiere un esfuerzo significativo, especialmente cuando la información debe ser precisa y actualizada para garantizar resultados confiables. En muchos casos, los datos deben ser obtenidos de diversas fuentes, lo que implica la consulta de bases de datos gubernamentales, investigaciones científicas previas y, en algunos casos, la realización de trabajos de producción cartográfica para obtener datos específicos. Esta recopilación de información y su integración en los modelos espaciales es una de las principales barreras que ha retrasado los resultados.

Además de la recopilación de datos, la ejecución de los modelos espaciales requiere un tiempo considerable de procesamiento, especialmente debido a las iteraciones necesarias para calibrar y ajustar los parámetros de los modelos. Estos ajustes son esenciales para mejorar la precisión de los resultados y asegurar que los modelos sean representativos del contexto territorial de estudio. Cada modelo requiere un enfoque específico dependiendo de los ecosistemas que se estén evaluando, lo que agrega una capa adicional de complejidad al proceso.

El equipo continúa trabajando en la consolidación de los datos y en la ejecución de los modelos, y se espera que, una vez finalizado este proceso, los análisis cartográficos proporcionen mapas detallados que reflejen la distribución y variabilidad de los servicios ecosistémicos en los distintos escenarios de uso y gestión del territorio, así como una valoración y cuantificación económica sobre los productos forestales no maderables obtenidos en cada uno de los sistemas forestales seleccionados, considerando la aportación que supone mantener y



promocionar dichos ecosistemas. Sin embargo, es necesario destacar que este proceso es exhaustivo y demanda tiempo para garantizar resultados precisos y de alta calidad.

5. Discusión

Debido a la falta de resultados en el trabajo, no es posible hacer la discusión de los mismos. Sin datos suficientes que permitan analizar los resultados de los análisis cartográficos, no es posible extraer conclusiones fundamentadas sobre la viabilidad de incluir la valoración económica de los distintos servicios ecosistémicos en los diferentes productos forestales no maderables.

6. Bibliografía BANCO DE DATOS DE LA NATURALEZA. 2024. Mapa Forestal de España (MFE) de máxima actualidad.

<https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/biodiversidad/mfe.html>

- BURKHARD, B., KROLL, F., MÜLLER, F., & WINDHORST, W. (2012). Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17-29.
- COSTANZA, R., D'ARGE, R., DE GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., ... & VAN DEN BELT, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253-260.
- DAILY, G. C., ALEXANDER, S., EHRLICH, P. R., GOULDER, L., LUBCHENCO, J., MATSON, P. A., ... & WOODWELL, G. M. (2000). Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*, 2(1), 1-16.
- DÍAZ, S., SETTELE, J., BRONDÍZIO, E. S., NGO, H. T., GUÉZE, M., AGARD, J., ... & ZAYAS, C. N. (2015). The IPBES conceptual framework—connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1-16.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- SHARP, R., TALLIS, H. T., RICKETTS, T., GUERRY, A. D., WOOD, S. A., CHAPLIN-KRAMER, R., ... & DAILY, G. C. (2018). *INVEST 3.6.0 User's Guide*. The Natural Capital Project, Stanford University.
- SUKHDEV, P., WITTMER, H., & SCHRÖTER-SCHLAACK, C. (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB*.
- TALLIS, H., KAREIVA, P., MARVIER, M., & CHANG, A. (2011). An ecosystem services framework to support both practical conservation and economic development. *Pnas*